

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA
Institut environmentálního inženýrství

Kořenové čistírny odpadních vod

Bakalářská práce

Autor práce: Edita Šimová
Vedoucí práce: Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.

2013

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY
Institute of Environmental Engineering

Root-zone Waster Water Treatment Plants

THESIS

Author: Edita Šimová
Supervisor: Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.

2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Edita Šimová**
Studijní program: **B2102 Nerostné suroviny**
Studijní obor: **3904R005 Environmentální inženýrství**
Téma: **Kořenové čistírny odpadních vod**
Root – zone waster water treatment plants

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl
2. Historie a současný stav KČOV ve světě a ČR
3. Uspořádání a dimenzování KČOV
4. Faktory ovlivňující provoz
5. Vyhodnocení funkčnosti KČOV v obci Hostětín
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

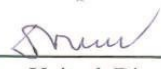
1. Vymazal, J.: Kořenové čistírny odpadních vod: Dvacet let zkušeností v České republice, Vodní hospodářství 4/2009, str. 113-118
2. CWA (2006): Constructed Wetland Association www.constructedwetland.co.uk
3. J. Vymazal, The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater, Ecological Engineering, Volume 35, Issue 1, 8 January 2009, Pages 1-17, ISSN 0925-8574, 10.1016/j.ecoleng.2008.08.016
4. Tanveer Saeed, Guangzhi Sun, A review on nitrogen and organics removal mechanisms in subsurface flow constructed wetlands: Dependency on environmental parameters, operating conditions and supporting media, Journal of Environmental Management, Volume 112, 15 December 2012, Pages 429-448, ISSN 0301-4797, 10.1016/j.jenvman.2012.08.011.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 30.04.2013


prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem se seznámila s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 24. 4. 2013

Edita Šimová
Edita Šimová

Poděkování

Touto cestou bych velmi ráda poděkovala všem, kteří mi pomohli s touto prací. Především vedoucí mé práce paní Ing. Haně Škrobánkové, Ph.D. za její odborné rady, připomínky k práci a především za trpělivost. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Kateřině Fojtů z Ekologického institutu Veronica, která mi poskytla materiály a cenné rady z provozu kořenové čistírny v Hostětíně. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat i všem přátelům za jejich pomoc a podporu.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá kořenovými čistírnami odpadních vod. V první části je stručně rozepsaná jejich historie jak ve světě tak v České republice. Následuje popis uspořádání kořenové čistírny odpadních vod. Dále jsou zde podrobněji popsány a rozděleny druhy kořenových čistíren podle distribuce vody. Navazují faktory ovlivňující provoz kořenové čistírny, které jsou zde podrobněji popsány. V poslední kapitole je jako příklad uvedena kořenová čistírna v obci Hostětín a je zde vyhodnocena její funkčnost a přínos pro obec.

Klíčová slova:

Kořenová čistírna odpadních vod, čistírna odpadních vod, Hostětín

SUMMARY

The text of the abstract.

This thesis deals with root-zone waster water treatment plants. The first part briefly concerns their history in the world as well as in the Czech Republic. Secondly, description of organization of the plants follows. The next part is devoted to detailed characterization and delineation of the plants according to water distribution. Furthermore, factors influencing operation of the plants are focused on. The last chapter sets as an example the root-zone waster water plan in Hostětín and evaluates its effectivity and benefits for the village of Hostětín.

Keywords:

Root-zone Waster Water Treatment Plants, cleaning water subsidies, Hostětín

OBSAH

1	ÚVOD A CÍL.....	1
2	HISTORIE A SOUČASNÝ STAV VE SVĚTĚ A V ČESKÉ REPUBLICE.....	2
2.1	Historie kořenových čistíren ve světě	2
2.2	Současný stav kořenových čistíren ve světě	2
2.3	Historie v České republice	3
2.4	Současný stav v ČR	3
3	USPOŘÁDÁNÍ A DIMENZOVÁNÍ KOŘENOVÝCH ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD.....	5
3.1	Kořenová čistírna	5
3.2	Kořenové čistírny s povrchovým horizontálním průtokem	6
3.2.1	Konstrukční uspořádání KČOV s horizontálním povrchovým průtokem	7
3.3	Vegetační kořenové čistírny s horizontálním podpovrchovým průtokem	8
3.3.1	Uspořádání vegetační kořenové čistírny	8
3.4	Vegetační kořenová čistírna s prouděním dolů	8
3.5	Vegetační kořenová čistírna s prouděním směrem vzhůru	9
3.6	Objekty na vegetačních kořenových čistírnách	9
3.7	Mechanické předčištění	10
3.8	Filtrační materiál	11
3.9	Filtrační lože	12
3.10	Konfigurace filtračního pole	13
3.10.1	Hloubka lože	14
3.10.2	Vegetace	14
4	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ČINNOST KOŘENOVÉ ČISTÍRNY	16
4.1	Klimatické podmínky	17
4.1.1	Letní provoz	17
4.1.2	Zimní provoz	17
4.2	Kolmace filtračního lože	18
4.2.1	Omezení kolmace	19
4.2.2	Regenerace filtračního materiálu	19
4.3	Údržba a provoz	19

5	VYHODNOCENÍ FUNKČNOSTI V OBCI HOSTĚTÍN.....	21
5.1	Charakteristika oblasti	21
5.2	Kořenová čistírna	22
5.3	Vyhodnocení kořenové čistírny odpadních vod v Hostětíně	25
6	ZÁVĚR	29
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	31
	SEZNAM OBRÁZKŮ	35
	SEZNAM TABULEK.....	36

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

BN	Biologická nádrž
BSK	Biochemická spotřeba kyslíku (mg/l)
BSK ₅	Biochemická spotřeba kyslíku v průběhu 5 dnů (mg/l)
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČSN	Česká technická norma
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
EO	Počet ekvivalentních obyvatel
KP	Kořenové pole
KČOV	Kořenová čistírna odpadních vod
NL	Nerozpuštěné látky
USA	Spojené státy americké
VKČ	Vegetační kořenová čistírna odpadních vod

1 ÚVOD A CÍL

Voda je jednou z nejpřirozenějších součástí našeho životního prostředí, ale zároveň i jeho nejcitlivější a nejvíce ohroženou částí. Kvalitní voda je zdrojem kvalitního životního prostředí a zdraví obyvatel. Rozsáhlou antropogenní činností však vzniká velké množství odpadních vod, které mají po použití změněnou jakost a můžou porušit i jakost povrchových a podzemních vod. Proto je nutné, před vypuštěním do přírodního recipientu tyto odpadní vody čistit.

Jednu z ekologických alternativ čištění odpadních vod představují kořenové čistírny. Kořenové čistírny odpadních vod (KČOV) využívají principy samočištění vod v přírodě, které probíhají v půdním, vodním a mokřadním prostředí. Jedná se v podstatě o umělé mokřady. Čištění probíhá porézním filtračním prostředím a vegetace se přímo podílí na procesu čištění, vytváření podmínek pro rozvoj mikroorganismů a využíváním znečištění na tvorbu biomasy. Výsledkem tohoto procesu čištění je kvalitativně bezchybná voda.

První kořenové čistírny vznikaly v Německu v sedmdesátých letech. Od té doby se tento způsob čištění začal uplatňovat především ve vyspělejších zemích. Na území České republiky byla první kořenová čistírna odpadních vod vybudovaná až roku 1989 v Praze.

Cílem této práce bylo zmapování vývoje kořenových čistíren, a to jak ve světě, tak i České republice, dále pak popsat samotný proces čištění odpadních vod, rozdělením kořenových čistíren podle typů proudění odpadních vod v různých typech čistíren a popisem faktorů ovlivňujících činnost kořenových čistíren odpadních vod. Jako příklad použití těchto čistíren v reálných podmínkách zde byl rozebrán případ kořenové čistírny odpadních vod v obci Hostětín.

2 HISTORIE A SOUČASNÝ STAV VE SVĚTĚ A V ČESKÉ REPUBLICE

Přírodní způsoby čištění odpadních vod se využívají již několik tisíciletí. První přístup k mokřadům byl negativní, mokřady byly považovány za bezcenné biotopy a vypouštěly se do nich odpadní vody. Toto nekontrolované vypouštění nenávratně zničilo mnoho mokřadů po celém světě. V okolí středověkých měst se stavěly umělé vodní nádrže, které byly biologické a čistily splaškové vody z těchto měst. Velká evropská města jako Berlín, Moskva či Paříž čistila na přelomu 19. století odpadní vodu na filtračních polích. Po druhé světové válce byly nejvíce rozšířeny moderní závlahy [1, 2].

2.1 Historie kořenových čistíren ve světě

V Německu koncem 50. let probíhaly první pokusy s využitím mokřadních rostlin pro čištění odpadních vod. Tyto experimenty však v době, kdy se začaly používat čistící mechanismy řízené počítačem a závislé na elektřině, sklízely velkou řadu kritik z řad vodohospodářů, kteří nevěřili v jednoduchost a energetickou nenáročnost tohoto způsobu čištění. Jedním z hlavních bodů kritik bylo i to, že se vyžadovalo pravidelné sečení biomasy a také byla potřeba neúměrně velké plochy vymezené pro čištění. S prvními pokusy začal K. Seidel v roce 1952. První pokusy se zkoušely u malých producentů a později se testovaly kořenové čistírny u producentů větších. Po dvaceti letech byla do provozu uvedena první kořenová čistírna v Othfresenu. Použití kořenových čistíren se od této doby rozšířilo do celého světa a na všechny kontinenty [3, 4, 5].

2.2 Současný stav kořenových čistíren ve světě

V zemích jako jsou USA, Velká Británie, Dánsko, Německo, Rakousko se kořenové čistírny klasifikují jako rovnocenná alternativa čistíren s běžně používanou technologií čištění odpadních vod. Vodohospodářské organizace v těchto zemích nemají potíže s povolováním staveb kořenových čistíren odpadních vod. Avšak start KČOV v těchto i jiných zemích byl velmi pomalý. Projekt narážel na nevěru odborníků povolit tyto stavby z důvodů neznalosti přírodních technologií a nevíry v dosahování dobrých

výsledků oproti běžným mechanicko-biologickým čistírnám. Zlom většinou nastal, když se podařilo prolomit betonářské lobby z řad firem stavějící čistírny a taktéž příslušných úřadů a jejich ministerstev. V Německu je aktuálně v provozu přes 50 000 KČOV, což je nejvíce na světě. V Dánsku se KČOV navrhují v menších parametrech pro myčky aut a čerpací stanice. V 80. a 90. letech se v Dánsku postavilo přes 500 KČOV převážně pro malé obce. V Itálii také nalezneme KČOV, které jsou převážně určeny pro malé obce. Je zde přibližně 600 systémů. Po Itálii stojí za zmínku Portugalsko, které disponuje 400 KČOV, a Polsko se 150 KČOV taktéž určenými pro malé obce [5, 6].

2.3 Historie v České republice

Historie kořenových čistíren na území České republiky (ČR) je v porovnání s ostatními evropskými zeměmi velmi krátká. První zmínka je ze semináře uskutečněného v Brně roku 1987. Po tomto semináři byl následující rok vybudován poloprovozní model kořenové čistírny v pražské ústřední čistírně odpadních vod. Do tohoto modelu byla jeden rok přiváděna mechanicky předčištěná voda. Čistící efekt pro organické a nerozpuštěné látky byl velmi dobrý a na tomto modelu se odzkoušelo roku 1989 čištění odpadní vody ze slepičí kejdy. Tento pokus prokázal výborné výsledky čištění odpadní vody a schopnost rákosu obecného vyrovnat se s extrémně znečištěnou odpadní vodou [2].

První česká kořenová čistírna byla zprovozněna v roce 1989 v Petrově u Jílového, okres Praha-Západ. Byla původně navržena pro čištění dešťových splachů, a jelikož srážek nebylo mnoho, tak na osobní iniciativu pana Firmana se v roce 1990 do této kořenové čistírny vyvážely septiky a žumpy z Jílové. Přestože byla tato čistírna určena pro jiné druhy znečištění a distribuce odpadních vod byla prováděna nárazově, výsledky čištění byly velmi uspokojivé [2].

2.4 Současný stav v ČR

Přesný počet kořenových čistíren není znám. K roku 2008 je na území ČR evidováno přibližně 250 KČOV v provozu. Z tohoto počtu lze Českou republiku řadit mezi země, které významně využívají tuto technologii čištění odpadních vod. Nejvíce KČOV nalezneme u malých producentů (rodinné domy do 10 EO) a v malých obcích v rozmezí

100-500 EO. Největší kořenová čistírna odpadních vod se nalézá v Osově Bítýšce pro 1200 EO na Obrázek 1, další je v Čisté u Rakovníka pro 800 EO. V Obecnici u Příbrami je čistírna dimenzovaná pro 800 EO a počítá se s nárůstem až na 1200 EO. Ve Spáleném Poříčí jsou vybudované dvě KČOV se společným odtokem a dohromady jsou v provozu pro 1200 EO. Další čistírny lze nalézt u farem, penzionů, rekreačních zařízení a většinou tam kde není možnost napojit objekt ke kanalizační síti [7].

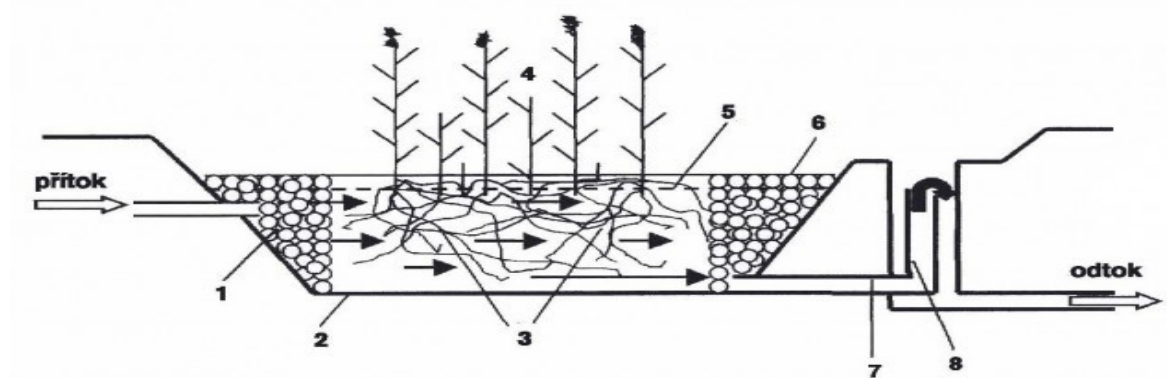


Obrázek 1 KČOV v Osovové Bítýšce [8]

3 USPOŘÁDÁNÍ A DIMENZOVÁNÍ KOŘENOVÝCH ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

3.1 Kořenová čistírna

Kořenové čistírny jsou poměrně propracované systémy k čištění odpadních vod. Hlavním principem čištění kořenovými čistírnami je průtok čištěné vody skrz filtrační lože osázené mokřadní vegetací. Tyto odpadní vody však musí být předem mechanicky předčištěné, jinak se rychle sníží čistící funkce filtračního lože. Při čistícím procesu probíhají fyzikální, chemické a biologické procesy v porézním prostředí, které musí být nasyceno vodou. Zásadní úlohu zde mají mokřadní rostliny, které dodávají kyslík do anaerobního prostředí a tím umožňují rozmnožování aerobních bakterií. Oddenky a kořeny rostlin zvětšují povrch pro narůstání bakterií a tím stoupá účinnost čistících procesů. Průtok vody skrz pole je znázorněn na Obrázek 2. Vegetační čistírny plní skutečné úlohy zaměřené v první řadě na zlepšení jakosti vody, dále na úpravu mikroklimatu a v některých případech i hydrologických poměrů. V Tabulka 1 je rozdělení kořenových čistíren dle uspořádání kořenového pole a dále v textu je popsán každý způsob podrobněji [2, 9].



Obrázek 2 Typické uspořádání kořenové čistírny

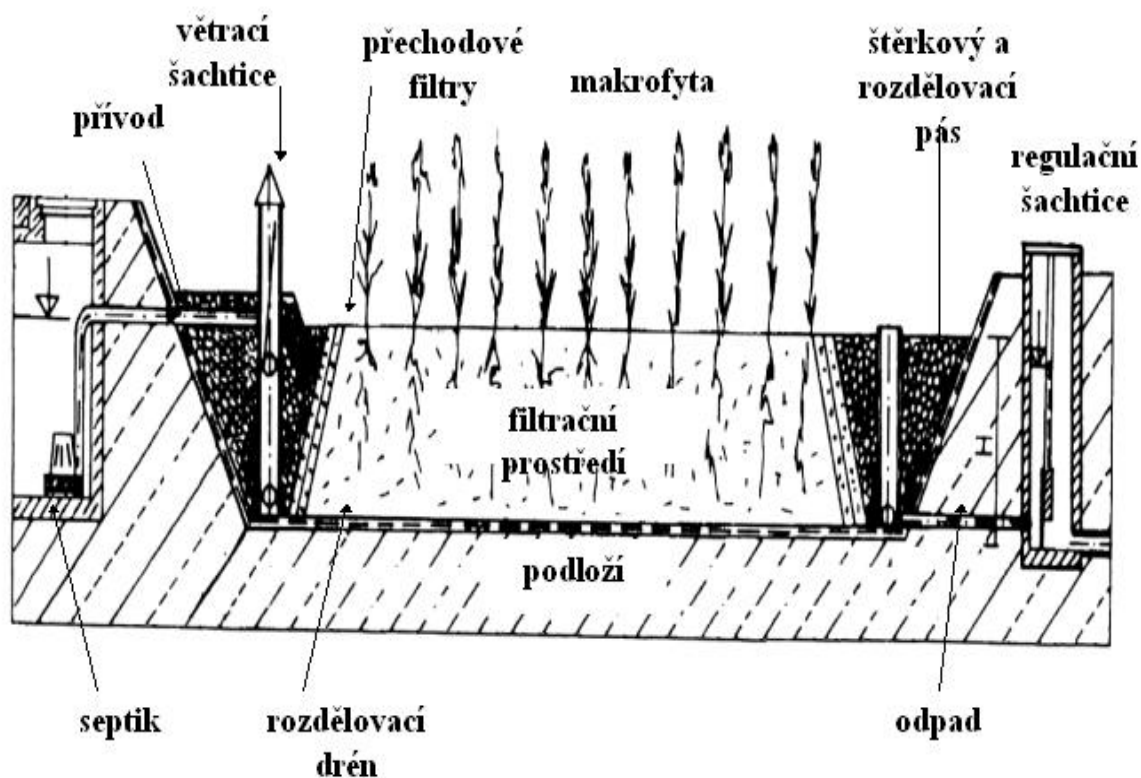
1-distribuční zóna (kamenivo, 50-200 mm), 2-nepropustná bariéra (PE nebo PVC), 3-filtrační materiál (kačírek, štěrk, drcené kamenivo), 4-vegetace, 5- výška vodní hladiny v kořenovém loži nastavitelná v odtokové šachtě, 6-odtoková zóna (shodná s distribuční zónou), 7-sběrná drenáž (průměr 150-200 mm), 8-regulace výšky hladiny [5].

Tabulka 1 Rozdělení kořenových polí čistíren [1]

Uspořádání vegetačních kořenových čistíren	Možnosti využití vegetačních kořenových čistíren v podmínkách České republiky
Horizontální povrchové proudění	Čištění a dočištění odpadních vod v příznivých podmínkách, čištění znečištěných povrchových vod
Horizontální podpovrchové proudění	Čištění odpadních vod do 600 (1200) EO a dočištění umělými způsoby čištěných komunálních odpadních vod
Kombinované horizontální podpovrchové a povrchové proudění	Čištění odpadních vod do 400 (800) EO a dočištění čištěných komunálních odpadních vod, v zimním období je proudění pouze podpovrchové.

3.2 Kořenové čistírny s povrchovým horizontálním průtokem

Kořenové čistírny s povrchovým horizontálním průtokem jsou typické plošným přerodem ploch s mokřadními a vlhkomilnými rostlinami. Konstrukční uspořádání je patrné na Obrázek 3. Povrchový tok vody má malé průtočné rychlosti v plytké vrstvě vody, mokřadní a vlhkomilné rostliny napomáhají snížit průtočnou rychlost. Při vlivu nízkého průtoku se rychleji usazují různé sedimenty na povrch kořenového pole. V plytké vrstvě vody dochází ke styku vodního prostředí s ovzduším a to podporuje dobré okysličování vody. Čištění probíhá rychleji za příznivých podmínek. V zimním období musíme po dobu velkých mrazů zvýšit vodní hladinu a voda proudí jak pod ledem, tak i v půdním prostředí. Při velkých mrazech se však musí povrchová sekce odpojit a čištění probíhá v kořenovém poli podpovrchovým průtokem. Schopnost čištění závisí na rozsahu znečištění, druhu a kvalitě porostu a klimatických podmínkách [1, 10, 11].



Obrázek 3 KČOV s povrchovým prouděním [5]

3.2.1 Konstrukční uspořádání KČOV s horizontálním povrchovým průtokem

Uspořádání lze pozorovat na Obrázek 3. Délka povrchově protékaného pole musí být z hlediska kvalitního účinku minimálně 20 m s poměrem stran 1:8 až 1:10. Výška vodního sloupce je v rozmezí 20 mm až 80 mm. V zimních měsících musí být umožněno vyšší zatopení jako ochrana před mrazem. Doba zdržení se vypočte z objemu vody a dimenzí vegetační kořenové čistírny (VKČ). Paralelně zapojená pole je vhodné navrhnout minimálně dvě. V případě potřeby se jedno pole může odstavit a vysušit a provést další potřebné úkony. V našich podmínkách se většinou navrhuje kombinace vegetačních kořenových čistíren s povrchovým a podpovrchovým průtokem [1, 11].

3.3 Vegetační kořenové čistírny s horizontálním podpovrchovým průtokem

Tyto kořenové čistírny se skládají z mechanického předčištění, dále se pak voda rozděluje rovnoměrně potrubím do kořenových polí, která jsou izolovaná od zemského povrchu. Zde voda protéká přes filtrační pole osázené vegetací, v níž dochází k mikrobiologickým procesům. Voda je pak jímána drenáží a podle potřeby je možno ji dodávat do dalších polí nebo je vypouštěna [1, 13].

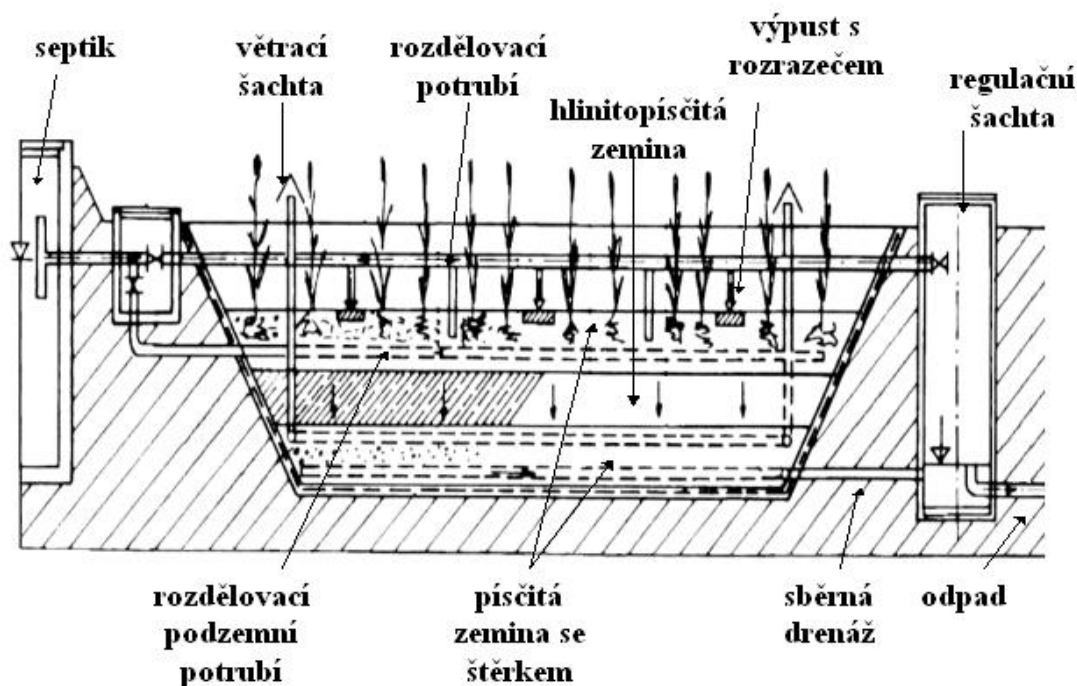
3.3.1 Uspořádání vegetační kořenové čistírny

Půdorys vegetační kořenové čistírny je navrhován většinou jako pravidelný tvar, kde poměr šířky k délce je 1:1 nebo 1:2.

Jímky čistíren musí být pečlivě utěsněny, aby zde nedocházelo k prosakování odpadních vod do podzemních vod. Pro tento účel se používají fólie z plastů, měkčeného PVC a vysokohustotního polyetylenu, jejíž tloušťka by měla být od 1 mm do 2 mm. Tato fólie se pokládá na předem vyrovnané podloží, které musí být pokryté vrstvou tříděného písku. Jako druhá vrstva se používá geotextilie, která fólii chrání před poškozením. Druhým řešením je těsnění vrstvou jílu o mocnosti 0,4 m. Délka filtrační dráhy je většinou od 12 m do 14 m, tato délka stačí k tomu, aby zde proběhla část rozkladných procesů. Následuje druhé pole s převažujícím aerobním režimem [1, 10].

3.4 Vegetační kořenová čistírna s prouděním dolů

Porézním prostředím s vegetací se filtruje odpadní voda, která je následně odváděna sběrným potrubím, který ústí na dně jímky. Voda se rozvádí rovnoměrně po povrchu filtračního pole a pro zimní období je opatřena rozvodem vody v dostatečné hloubce, aby nezamrzala. Konstruktivní uspořádání je patrné na Obrázek 4. Při mrazivějších klimatických podmínkách se před extrémní zimou pole zatopí, povrch zamrzne a voda se přivádí pod led [1, 13].



Obrázek 4 KČOV s prouděním dolů [12]

3.5 Vegetační kořenová čistírna s prouděním směrem vzhůru

Odpadní voda se rovnoměrně přivádí do filtračního pole těsně k jeho dnu, odtud čištěná voda postupuje směrem vzhůru přechodným filtrem do filtračního prostředí na povrch kořenového pole a zde na okrajích přetéká do sběrných žlabů. Případně se odebírá sběrným drénem uloženým pod povrchem filtračního lože v hloubce, kde v zimě nezamrzá. Tím je zaručen celoroční provoz, avšak při silnějších mrazech je třeba myslet na ochranu před mrazem pomocí tepelně izolačního krytu. I zde se může ponechat ledový kryt, který brání promrzání kořenového pole [1, 14].

3.6 Objekty na vegetačních kořenových čistírnách

Mezi objekty na kořenových čistírnách odpadních vod patří vyrovnávací nádrže, přívodní a rozdělovací zařízení, regulační objekty a na měření průtoku jsou zde měrné objekty. Neméně důležité objekty jsou komunikace v areálu, skládky shrabků dále různých písků, kalů a samozřejmě zázemí pro zaměstnance s šatnou [10].

Odpadní vody jsou odváděny do vyrovnávacích nádrží vegetační kořenové čistírny. Jsou to nádrže kovové, plastové a železobetonové. Plní se při silných deštích a vyrovnávají nárazové výkyvy přívodu odpadní vody [10].

Přívodní zařízení slouží pro přívod odpadní vody do vegetační kořenové čistírny. Rozdělovací zařízení přivedenou vodu rozdělí do jednotlivých částí. Rozdělovací pás tvoří hrubé kamenivo a soustava potrubí. Je zvykem navrhovat jedno potrubí u dna a druhé na povrchu, což zajistí chod čistírny i v zimě. Jeho konce jsou vyvedeny na povrch kvůli snadnému čištění a zároveň odvětrávání [10].

Odběrné zařízení je složeno ze štěrkového jímacího pásu, kde je uložen jímací drén vedoucí do regulační šachtice. Šachtice slouží k nastavení výšky hladiny ve filtračních zařízeních vegetační kořenové čistírny [10].

Měrná a regulační zařízení jsou nepostradatelná ve všech částech přírodního čištění odpadních vod. Vegetační kořenové čistírny bývají nejčastěji vybaveny těmito měřicími zařízeními: zařízení na měření průtoku, na měření výšky hladiny a teploměry ke sledování teploty. Mezi významné regulační prvky patří rozdělovací šachtice pomocí nich lze měnit tok vody do kořenových polí, zařízení na změnu výšky hladiny ve filtračním loži, odtokové šachty, přepadla, požerák, apod. [10]

3.7 Mechanické předčištění

Mechanické předčištění tvoří první stupeň čištění odpadní vody. Je velmi důležité pro správnou funkci kořenové čistírny odpadních vod. Dále se dělí podle množství distribuce odpadních vod. Způsobů mechanického předčištění je velmi mnoho variant avšak v praxi se jich používá pouze několik. Zde jsou popsány základní nejrozšířenější způsoby mechanického předčištění [15]:

- Septik obsahuje jednu až tři komory, minimální účinný prostor pro čištění je 3 m³. Zároveň je vybaven systémem norných stěn, které zabraňují vyplavování kalů. Tyto kaly se po sedimentaci odsávají ještě v tekutém stavu a dále se využívají v zemědělském průmyslu. Vhodnost využití septiků je od jednotlivých domácností až po skupiny domů, školy v přírodě, rekreační osady, kempy a jiné menší objekty [2, 16].

- Česle dělíme na hrubé a jemné. Hrubé česle jsou používány k zachycování hrubých nečistot plavaných i sunutých. Vhodná šířka průliny je 0,05 m. Jemné česle zachycují drobné, jemné nečistoty. Velikost mezery je většinou navrhována 5 mm, maximálně 15 mm. Čistění česlí je nejlépe provádět strojově, bez zásahu člověka a to hlavně z hygienických důvodů. Vytěžené shrabky se nekompostují a nespalují, je vhodné je zhygienizovat a uložit na příslušné skládce. Průtoková rychlost česlemi nesmí překročit $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ jinak může docházet ke strhávání již zachyceného materiálu [2, 16, 17].
- Lapák písku zachycuje písek na principu sedimentace nebo za využití odstředivé síly k oddělení písčitých částic. Likvidace vytěženého písku je nejvhodnější na příslušné skládce [16].
- Lapák tuků z odpadní vody zachycuje částice tuků, olejů a ropných derivátů. Nejčastěji se těží tuk stíráním z hladiny lapáku. Odpadní voda v lapáku setrvá tři minuty [2, 10, 16].
- Štěrbínová usazovací nádrž je využívána před přírodním čištěním. Skládá se ze dvou částí. Horní část je sedimentační, nerozpuštěné látky tady klesají ke dnu. Je vhodné ji zastřešit, aby zde nedocházelo k zarůstání vegetací. Dolní část je od horní oddělena štěrbínou, kterou po čase propadne sediment do dolní vyhnívací části, odtud se periodicky odčerpává tento kal [2, 10, 16, 17].

3.8 Filtrační materiál

Filtrační materiály rozhodují o čistícím účinku. Taktéž je v nich prostředí určené pro výsadbu a zakořenění rostlin a život různých mikroorganismů. Jejich funkcí je zachycovat suspendované látky a absorbovat mineralizované látky. U filtračních materiálů musíme sledovat zrnitostní složení, nejlepší jsou zrna oválného tvaru. Drcené lomové kamenivo je méně vhodné. Taktéž je vhodné sledovat vodostálost a mrazuvzdornost materiálu, aby půdní filtr nezamrzal. Vlastnosti výše popsaného materiálu se určují dle ČSN 72 1154 a ČSN 72 1172 [1, 18].

Bez povšimnutí by nemělo zůstat chemické složení filtračního materiálu. Pokud použijeme kamenivo s vyšším obsahem železa, tak toto kamenivo má tendence vázat fosfor. Hodně absorpční je vysokopecní struska, proto je vhodná pro tyto filtry [1, 2].

Pro filtrační materiály je také důležitá pórovitost a hydraulická vodivost jelikož ovlivňují hlavně rychlost filtrace a čas zdržení znečištěné vody. Přesné hodnoty hydraulické vodivosti se určují na speciálních testovacích zařízeních, která určují hydraulickou vodivost při horizontálním a vertikálním prouděním [1, 18].

3.9 Filtrační lože

Aby kořenová čistírna dobře fungovala je potřeba dodržet u substrátu filtračního lože dvě podmínky: dobrou propustnost (hydraulickou vodivost), jinak by docházelo k ucpávání lože a povrchovému odtoku. Jelikož dobrá vodivost je nezbytná podmínka pro správné fungování, doporučuje se používat na filtrační lože zrnité materiály, zejména šterk a písek. Toto je zaručeno při zrnitosti větší než 3mm. V odborné literatuře nalezneme celou řadu hodnot, které se liší, proto je vhodné provést měření u každého materiálu zvlášť [2].

Druhou podmínkou je, že substrát umožňuje růst mokřadní vegetace. Na Obrázek 5 je kořenové pole KČOV v Hostětíně [2].



Obrázek 5 Kořenové pole v Hostětíně [19]

3.10 Konfigurace filtračního pole

První kořenové čistírny byly budované na jednom poli bez ohledu na velikost pole. Z tohoto důvodu se objevovaly problémy s optimální distribucí odpadní vody na celou plochu filtračního pole pokud bylo příliš velké, proto se doporučovaly kořenové čistírny pouze pro malé producenty znečištěné vody. S přibývajícím výzkumem tohoto způsobu čištění se vyvinula celá řada variant konfigurace kořenových polí a momentálně se většinou používá více polí, pokud je potřeba čistit větší množství odpadní vody. Nejčastěji používané typy zapojení filtračních polí jsou popsány níže [2].

Jedna plocha se doporučuje pro malé distributory odpadních vod. Využití je omezené kvůli malé flexibilitě a obtížné hydraulice při nárazově velkých průtocích. Výhodou jednoho pole je jeho cena a jednoduchost provedení [2].

Paralelní plochy patří mezi vhodné uspořádání kořenové čistírny. Přítok odpadní vody se rovnoměrně rozděluje pomocí šachtic do kořenových polí. A v případě potřeby odstavení jedné plochy zůstává nadále druhá v provozu [2].

Při zapojení ploch do série můžeme využít různé druhy filtračního materiálu a druhý stupeň může plnit funkci dočištění. Je velmi vhodné mít možnost pouštění odpadní vody do všech ploch samostatně [2].

Pro větší čistírny se poměrně často využívá zapojení paralelní plochy se sérií. V závislosti na podnebí můžeme zkombinovat kořenové plochy s mělkými nádržemi. V této nádrži dochází především k prokysličování odpadní vody a těkání amoniaku. Mělké nádrže by se měly používat jako poslední stupeň čištění bez odstraňování fytoplanktonu, který je obsažen v odtokové vodě. Pokud je nádrž usazena mezi dvěma poli, je taktéž nutné odstraňování již zmíněné biomasy, aby se pole a průtoky neucpávaly. U kořenových polí stojí za povšimnutí sklon dna, které se pohybovalo v 80. letech s maximálními hodnotami až 8 %. Postupem času se sklon dna snižoval až téměř k nule. Nynější evropská doporučení hovoří o sklonu dna ≤ 1 %. Při budování prvních kořenových čistíren se realizoval i sklon povrchu. Leč v současnosti je doporučen rovný povrch kořenového pole z důvodu možnosti zvýšení hladiny a následnou likvidaci nízkých plevelů [2].

Dimenzování velikosti kořenových polí dle Vymazala [20]:

$$A_n = Q_d (I_n C_o - I_n C_t) / K_{BSK}$$

A_n Plocha filtračních polí

Q_d Průměrný průtok odpadní vody

C_o Koncentrace BSK₅ na přítoku na filtrační pole (mg/l)

C_t Požadovaná koncentrace BSK₅ na odtoku (mg/l)

K_{BSK} Rychlostní konstanta (m/d)

3.10.1 Hloubka lože

U filtračního pole je volena hloubka lože tím, že podzemní části rostlin musí prorůst celým profilem. Tato podmínka vychází z předpokladu, že podzemní části rostlin a kyslík, který se z nich uvolňuje, vytvoří aerobní prostředí v celém profilu lože. Dle dnešních poznatků je prokázáno, že pokud rostliny prorůstají celým ložem i tak nemohou zajistit celkové aerobní prostředí. A stále se maximální hloubka určuje od hloubky prorůstání kořenů a oddenků [2].

Jelikož je nejčastěji používaná rostlina rákos obecný, tak je obvykle volena hloubka lože 0,6 m. Tato hloubka je taktéž doporučována evropskými směnicemi, které dále doporučují, aby na přítoku hloubka lože nebyla menší než 0,3 m. Z toho vyplývá, že evropské směrnice jsou omezeny na výskyt rákosu obecného. V našich podmínkách se volí hloubka lože v rozmezí 0,6 m až 0,8 m. Hladinu vody při provozu kořenové čistírny je vhodné udržovat 10 cm až 15 cm pod povrchem lože. Voda v tomto případě nebude v zimním období zamrzat a v létě bude zabraňovat líhnutí obtížného hmyzu [2].

3.10.2 Vegetace

Vegetace představuje důležitý aspekt v kořenových čistírnách odpadních vod. Rostliny rostoucí v loži vytvářejí prostor pro růst různých druhů bakterií u podzemní části rostlin [21].

Pro osázení KČOV se hodí zejména vytrvalé rostliny především z důvodu nepřetržitého provozu. Objevují se zde i jednoleté a dvouleté rostliny, ve většině případů se jedná o plevely. Ty se v malém množství mohou vyskytovat a čistící účinek se nijak

nezmění. Pokud by se plevele rozmnožily, je třeba se jich zbavit, jelikož by udusily žádoucí vegetaci. Nejjednodušší cestou je zvednutí hladiny vody a zaplavení filtračního lože. Plevel odumře a mokřadním rostlinám zaplavení nevadí. Rostliny se běžně vysazují přímo do lože v hustotě 4-8 rostlin na 1 m² [21].

Nejčastěji se v KČOV vysazují bažinné, trávovité a rákosovité rostliny. Mezi nejpoužívanější rostliny řadíme Chrastici rákosovitou (*Phalaris arundinacea*), Rákos obecný (*Phragmites australis*). U menších rodinných čistíren lze použít Orobinec širokolistý (*Typha latifolia*), Blatouch bahenní (*Caltha palustris*), Kyprej vrbové (*Lythrum salicaria*), Zblochan vodní (*Glyceria maxima*), Kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*), Kosatec sibiřský (*Iris sibirica*), Skřípina lesní (*Scirpus silvaticus*), Tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*). Na Obrázek 6 je rostoucí vegetace KČOV v obci Hostětín [22].



Obrázek 6 Ukázka vegetace v Hostětínské KČOV [19]

4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ČINNOST KOŘENOVÉ ČISTÍRNY

Kořenové čistírny odpadních vod mají mnoho předností a samozřejmě i nedostatků při jejich provozu. Mezi přednosti patří ekologický koncept a možnost citlivě začlenit toto zařízení do krajiny. Dále KČOV dokáže absorbovat velké rozdíly v množství znečištěné vody (např. ranní a večerní špička), má stabilní čistící účinek i v době silných dešťů a zároveň dobře čistí naředěné odpadní vody. Je také odolná ke krátkodobému i dlouhodobému pozastavení činnosti, takže ji lze používat i nepravidelně například v rekreačních zařízeních. KČOV mají příznivý vliv na malý koloběh vody, který se uskutečňuje pouze nad pevninou. Ze závlahových polí a vegetace se odpařuje voda, a tímto je do jisté míry ovlivněno i mikroklima poblíž KČOV. Pokud je citlivě zasazena do krajiny může změnit krajinný ráz k lepšímu a může se tak stát důležitým krajinným prvkem a veřejnost ji může vyhledávat jako klidovou odpočinkovou zónu [23].

V KČOV lze čistit odpadní vody s vysokým podílem balastních vod a zároveň je čistírna schopna absorbovat část dusíku, fosforu i těžkých kovů. Dále stojí za povšimnutí ekonomická nenáročnost provozu. Tím je myšlena minimální spotřeba energií oproti biologicko-mechanické čistírně a jednoduchá (i když pravidelná) obsluha, která citlivě a odborně řídí provoz. Vegetace absorbuje velké množství živin do biomasy, takže jejím kosením a následnou likvidací se zvyšuje účinnost KČOV. Jinak by docházelo k uvolňování naakumulovaných prvků zpět do odpadní vody. Jeden z největších nedostatků je nárok KČOV na plochu: čím větší čistírna tím více zabere plochy. Další nevýhodou je malá možnost regulace procesů, které v čistírně probíhají. Jsou to procesy, které probíhají ve volné přírodě a my je nemůžeme ovlivňovat [23, 24].

4.1 Klimatické podmínky

Funkci KČOV ovlivňují také klimatické podmínky. Jedná se o vlivy, které většinou nelze ovlivnit, leč při změně klimatu se nám mění kvalita čištění. Například přítomnost větru pomáhá vhánět vzduch přes odumřelé oddenky do filtračního lože. A to napomáhá působení bakterií, které odbourávají látky obsažené v odpadní vodě. Při vyšší teplotě mají bakterie rychlejší metabolismus než v chladu. Z toho vyplývá, že se kvalita čistícího procesu mění dle teplot [1].

4.1.1 Letní provoz

Nejlepší čistící účinek lze pozorovat zejména v letních měsících, kdy se vlivem tepla lépe odbourává amoniak a je také zvýšená sluneční záření, které napomáhá fotosyntéze vegetace. Díky větší absorpci světla a tepla se filtrační lože více provzdušňuje a dochází v loži k rychlejším mikrobiologickým procesům, při nichž se odbourávají živiny z odpadní vody [1].

4.1.2 Zimní provoz

I v zimním období jsou výsledky KČOV velmi dobré, i když je nižší čistící účinek v důsledku zmenšení filtračního pole a zamrznutí povrchu. Proto je vhodné v zimním a mrazivém období zvednout hladinu vody nad pole. Vytvoří se zde ledový krunýř, který chrání kořenové pole proti promrzání. Po zamrznutí zvýšené hladiny se nabízí její snížení a vzniklý vzduchový prostor mezi hladinou a ledem zajistí izolaci před zamrzáním. Při silných mrazech se odpojí povrchová sekce a využívá se pouze podpovrchová část. Proti zamrzání půdy také účinně napomáhá rostoucí vegetace, kterou je dobré na podzim pokosit a část biomasy nechat na povrchu do jara. Tato biomasa bude sloužit jako ochrana proti promrzání půdy a navíc bude chránit mladé obnažené oddenky před případným pozdním jarním mrazem. Na Obrázek 7 je kořenové pole zaplaveno v důsledku tání ledu, tento přechodný stav nijak nenaruší čistící účinek [17].



Obrázek 7 Kořenové pole v Hostětíně při jarní oblevě [Šimová, 2013]

4.2 Kolmace filtračního lože

Kolmace je zanášení filtračního prostředí hlavně v místě, kudy odpadní voda do filtračního pole přitéká. Způsobuje postupné snížení propustnosti filtračního prostředí a může dojít až k jeho úplnému zneprůchodnění. Proces kolmace ovlivňuje hlavní fyzikální a hydraulické schopnosti filtračního pole. Rozsah kolmace závisí hlavně na stupni znečištění a druhu přitékající vody, neboť nelze ovlivnit to, co lidé do odpadní vody vypustí. Dále pak kolmaci ovlivňuje zrnitost, pórovitost, doba zdržení vody, vegetace a klimatické poměry. Kolmace se tvoří především z nedostatečné sedimentace v předčišťovacím stupni. Sedimentaci ve filtračním loži může způsobovat krátké zdržení vody při přívalových srážkách v sedimentační nádrži. Taky vyplavování kalů z primární sedimentace, nebo konstrukčně nevhodná sedimentační nádrž zapříčiňuje kolmaci. Dále k tomu přispívá zanesená stoková síť tím, že při silném dešti přivádí kaly a sedimenty. Povrchové smyvy z okolních parcel mohou při deštích také zanášet kořenové pole [1, 25, 26].

4.2.1 Omezení kolmace

V každém případě je třeba minimalizovat příčiny kolmace a provádět účinná preventivní opatření, aby k ní nedocházelo. Mezi tyto opatření se řadí kontrola zdržení odpadní vody v usazovací nádrži a údržba stokové sítě, z níž se průběžně odstraňuje nahromaděný sediment a tím se zabrání jeho nárazové vyplavování při silných deštích. Je také potřeba zajistit rovnoměrnou distribuci předčištěné odpadní vody do celé šíře kořenového pole, aby nedocházelo ke zkratkám a nezaplaveným místům. I střídavé zatěžování lože snižuje průběh kolmace. Jako další prevence se pravidelně časně z jara odstraňují zbytky odumřelé vegetace a je také vhodné používat funkční lapáky písku a tuků [1, 25].

4.2.2 Regenerace filtračního materiálu

Zkušenosti existujících čistíren jsou takové, že po uplynutí doby přibližně 20 let se ta nejvíce zanesená část filtračního lože vyjme. To je většinou část u přítokového potrubí a nahradí se novým filtračním ložem případně zregenerovaným vytěženým ložem. Před tímto procesem je potřeba provést průzkum lože a dle výsledků se určí hloubka a množství těženého materiálu. Regenerací se odstraňují kalové částice ze znečištěného materiálu a může se provést proplachováním použitého materiálu nebo bakteriálním rozkladem. Taky se často vytěžený a zanesený materiál regeneruje ve speciálních pračkách, či se nechá rozprostřen v tenké vrstvě na izolované plošině přes zimní období a kolmační částice budou vyplavovány deštěm [1, 2, 23, 25].

4.3 Údržba a provoz

Další faktor ovlivňující funkci KČOV je kontrola různých mechanických částí a jejich občasná náprava za provozu i mimo něj. Mezi základní faktory se řadí kontrola množství odpadní vody na přítoku, zejména při jarní oblevě či v období silných dešťů. Pokud bude přítok větší než zvládne KČOV, tak se přebytečná voda jímá do dešťové nádrže, která slouží k jímání vody při mezním dešti. Odpadní voda se odtud buď po opadnutí srážek přečerpá zpět k lapákům písku a dále pokračuje v čištění a nebo se po usazení přineseného znečištění vypouští. Lapák písku se během provozu zanáší pískem a

drobnými organickými částicemi, které v něm zahnívají. To znesnadňuje jeho praní a těžení, proto je vhodné vytěžený písek likvidovat na příslušné skládce nebo lze na jeho vyčištění použít speciálních praček. Česle se pravidelně musí vyčistit a shrabky vyvézt. U usazovací nádrže, v nichž se separují tuhé částice za pomoci gravitace, se musí občas zkontrolovat rychlost průtoku čištěné vody, která nemá klesnout pod 2 hodiny a podle potřeby odstraňovat sedimenty z této nádrže. Ze šterbinové nádrže je také nutno pravidelně odsávat z vyhnívacího prostoru kal, jinak se příliš zahustí a jeho vybírání se může stát náročným. Musí se pravidelně čistit přelivy usazovacích a šterbinových nádrží. U rozvodového potrubí a šachtice se musí pravidelně kontrolovat jejich průchodnost. V případě potřeby se vyčistí a zprůchodní, aby KČOV dobře fungovala. Množství plevelů ve filtračním poli je vhodné pozorovat a při přílišném výskytu reagovat zvednutím hladiny a následným utopením plevelů. Plevel by zabíral prostor žádané vegetaci a mohl by snížit čistící účinek odpadní vody. Vegetace se dle potřeby pokosí a sklídí buď ihned anebo v jarních měsících jak je zřejmé na Obrázek 8 [1, 2, 23, 26, 28].



Obrázek 8 kosení a sklizení biomasy na KČOV v Košíkách [27].

5 VYHODNOCENÍ FUNKČNOSTI V OBCI HOSTĚTÍN

5.1 Charakteristika oblasti



Obrázek 9 Mapa lokality [28]

Obec Hostětín leží na úpatí hraničního hřebenu Chráněné krajinné oblasti Bílých Karpat, která je zařazena do Biosférické rezervace UNESCO 1996. Leží na pomezí významných folklorních oblastí Slovácka a Valašska. Hostětín je situován v údolí, jímž protéká potok Kolelač, který dále teče do vodárenské nádrže Bojkovice. Z tohoto důvodu je obec zařazena v II. pásmu hygienické ochrany vodního zdroje. V obci je k trvalému pobytu přihlášeno 241 osob [23, 30, 31].

V této obci se realizovalo velké množství projektů založených na využívání místních zdrojů, úsporách energie, obnovitelných zdrojích energie a technologiích šetrných k životnímu prostředí. Technologie používané v této obci jsou modelové a slouží k ověření a ukázání ekologických technologií v praxi. V Hostětíně funguje kořenová čistírna odpadních vod a obecní výtopna na dřevní štěpku, která vytápí většinu domů v obci. Na několika domech jsou namontovány sluneční kolektory. V roce 2000 se aktivovala za pomoci občanského sdružení Tradice Bílých Karpat místní moštárna, která od té doby produkuje místní mošt. Nachází se zde pasivní dům, který je ukázkou ekologického stavitelství. Je v něm umístěné středisko Ekologického institutu Veronica určené ke vzdělávání o udržitelném rozvoji. V obci je vybudováno šetrné veřejné osvětlení, které neprodukuje světelný smog a zároveň poskytuje dokonalejší osvětlení s větší úsporou

energie oproti zastaralým technologiím. Díky využívání těchto technologií místní obyvatelé uspoří 1 600 t emisí oxidu uhličitého. Obec Hostětín za svůj přístup k ochraně životního prostředí obdržela národní cenu v mezinárodní soutěži Energy Globe 2007, Českou sluneční cenu 2009 a mnoho dalších ocenění. Obec Hostětín je zobrazena na Obrázek 10 [23, 30].



Obrázek 10 Letecký snímek na Hostětín a v popředí KČOV [31]

5.2 Kořenová čistírna

Na vodním toku Kolelač, který protéká obcí, byla v roce 1966 postavena vodárenská nádrž Bojkovice. Hostětín je v celém povodí nad přehradou jedinou obcí a byla na něj vyhlášena stavební uzávěra podle norem pro ochranu vodních toků. Do roku 1991 spadala obec pod správu vedlejší obce Pitín. Po jejím osamostatnění si dali místní zastupitelé za úkol zrušit stavební uzávěru, která po mnoho let znemožňovala rozvoj obce. Aby mohla být stavební uzávěra zrušena, museli vyřešit problematiku čištění odpadních

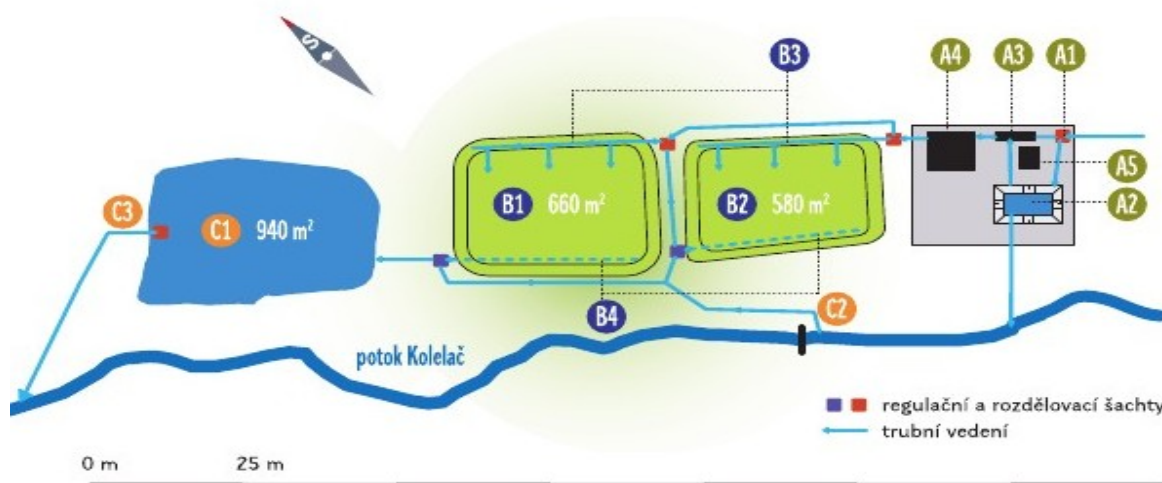
vod. Obci byla poskytnuta pomoc od Nadace Partnerství. Byla vypracována studie a po důkladném šetření a prozkoumání se zaměřili na čtyři nejvhodnější varianty [23, 24, 32]:

- Vybudování klasické čistírny odpadních vod v obci a vyčištěnou odpadní vodu vypouštět do toku potoku Kolelač.
- Vybudování klasické čistírny odpadních vod a vyčištěnou vodu zaústit pod vodárenskou nádrž Bojkovice.
- Čerpat odpadní vodu do přilehlého Pitína, kde se v té době uvažovalo o stavbě čistírny. Obci Pitín byla zamítnuta dotace a stavba se musela odložit na neurčito. V roce 2008-2009 se realizovala stavba při níž se v sousedním Pitíně vybudovalo cca 4 700m kanalizační síť, která odvádí odpadní vody do čistírny odpadních vod v blízkých Bojkovicích a momentálně jsou na kanalizační síť napojeny téměř všechny domy v Pitíně. To znamená, že pokud by zvítězil návrh odvodu odpadních vod z Hostětína do sousedního Pitína, tak by čištění odpadních vod v Hostětíně nebylo do roku 2009 vyřešeno.
- Poslední možností bylo vybudování kořenové čistírny [23, 24, 32].

U všech variant se počítalo s dostavbou kanalizační sítě a všechny varianty se posuzovali dle technického řešení, možností zastavěné plochy, účinnosti čištění a nákladů jak na stavbu tak i na provoz. Po důsledné studii všech variant vyplynulo optimální řešení v dostavbě jednotné kanalizace a výstavbě kořenové čistírny odpadních vod přímo v Hostětíně. Bylo problematické prosadit projekt, jelikož byla projevena nedůvěra ze stran správních orgánů na počátku devadesátých let minulého století s přihlédnutím na malé zkušenosti s KČOV v ČR. Okresní hygienik nechtěl povolit stavbu KČOV a jako důvod označil provozní nespolehlivost čistícího efektu. Projekt se přes odpor hygienika podařilo prosadit a projektová dokumentace byla vyhotovena v dubnu roku 1995. V červenci téhož roku byla zahájena stavba kořenové čistírny odpadních vod. Kořenová čistírna v obci zahájila zkušební provoz 12.7.1996 a po roce zkušebního provozu byla 11.7.1997 uvedena do trvalého provozu. Kořenová čistírna zapůsobila jako spouštěcí mechanismus k ekologickému směřování obce a zároveň se z neznámé obce stala známá obec s ekologickou charakteristikou [23, 24, 32].

KČOV v Hostětíně se skládá z přítoku, v němž se měří množství vod pomocí Thompsonova měrného přepadu. Voda přitéká do odlehčovací šachty, kde se při překročení maximálního průtoku přelévá do dešťové nádrže a z ní se po opadnutí deště voda přečerpává do lapáku písku a pokračuje v čištění. Při silných srážkách se silně naředěná pouští do potoka. Před lapákem písku se nachází česle na zachycení hrubých nečistot plavaných i sunutých, následuje lapák písku a mělká kombinovaná nádrž. V této nádrži se zachycují jemnější částice obsažené ve vodě. Vyhnívání usazeného kalu probíhá ve dvou žlabech. Tato nádrž slouží k ochraně filtračních polí před rychlým zanesením. Odpadní voda je dále pomocí šachtic dávkována rozdělovacím potrubím do kořenových polí o rozloze 660 m² a 580 m². Kořenová pole jsou vyplněna hrubým kamenivem a šterkem, dno je izolováno PVC-fólií a geotextilií, na povrchu osázeno rákosem obecným a chrasticí rákosovitou [23, 24].

Dvě pole umožňují zapojení sériově, paralelně a střídavě. Rozdělovací potrubí je vyhotoveno ve dvojím provedení, na povrchu pro letní provoz a pod povrchem pro zimní provoz. Voda je z kořenového pole jímána sběrným potrubím uloženým ve filtračním loži. Vyčištěná voda z čistírny putuje do biologické dočišťovací nádrže, která je zde postavena kvůli přísnějším nárokům na vyčištěnou vodu. Z biologické nádrže se voda jímá do potrubí a je vypouštěna do potoka Kolelač. Na Obrázek 11 je schematicky znázorněná KČOV v Hostětíně [23, 24].



Obrázek 11 Uspořádání KČOV v Hostětíně

A1 odlehčovací šachta, A2 dešťová nádrž, A3 lapák písku, A4 mělká kombinovaná nádrž, A5 provozní přístřešek, B1, B2 filtrační lože, B3 rozdělovací potrubí, B4 sběrné potrubí, C1 biologická nádrž, C2 odběrný objekt, C3 výpustný objekt [23].

5.3 Vyhodnocení kořenové čistírny odpadních vod v Hostětíně

Účelem vyhodnocení je posouzení stavby na začlenění v krajině, její environmentální přínosy, ekonomické výhody a čistící schopnost. KČOV je postavena pod obcí Hostětín vedle toku potoka Kolelač, zároveň je citlivě začleněna do krajiny. Kromě mechanického předčištění je celá návštěvníkům volně přístupná, v areálu jsou rozmístěné dřevěné sochy a na svahu nad čistírnou kvete lilie zlatohlavá (*Lilium martagon*). Vybudováním čistírny vznikl nový mokřadní biotop, v němž se vyskytují typické rostlinné i živočišné druhy pro něj typické. Z rostlinných druhů se jedná například o rákos obecný (*Phragmites australis*) a chrastici rákosovitou (*Phalaris arundinacea*) [23, 24].

Z živočichů v mokřadním prostředí se zde setkáváme s rybami: Karas obecný (*Carassius carassius*), kapr obecný (*Cyprinus carpio*). Bezobratlí: vodouch stříbřitý (*Argyroneta aquatica*), vážka ploská (*Libellula depressa*). Obojživelníky: ropucha obecná (*Bufo bufo*), rosnička zelená (*Hyla arborea*). Plazi: slepýš křehký (*Anguis fragilis*), ještěrka obecná (*Lacerta agilis*). Ptáky: konipas bílý (*Motacilla alba*), ledňáček říční (*Alcedo atthis*) [23, 24].

Čistírna je projektovaná pro 280 EO (viz. tabulka 2), takže při počtu 241 obyvatel je slabě předimenzovaná. Tím je umožněn další rozvoj obce. Tato čistírna má schopnost absorbovat velké výkyvy vody na přítoku (ranní, večerní, víkendová špička), průměrný denní průtok dle měření Miloše Rozkošného z roku 2006 byl 0,59 l/s (rozpětí bylo 0,11-1,25 l/s). Při vegetační sezóně se hodnota průtoku vody snižuje o výpar [24, 32].

Při silných deštích se voda dostává do dvou odlehčovacích komor, z nichž se přebytek vody odvádí do potoka Kolelač. V tomto případě je odpadní voda již silně naředěná a nepůsobí problémy nižších polohách na toku. KČOV v Hostětíně čistí účinně i silně naředěné odpadní vody, proto je vhodná pro smíšenou jednotnou kanalizaci v obci. Dobré výsledky lze pozorovat při odbourávání organického znečištění. V Tabulka 3 lze vypočítat dobrou čistící schopnost kořenových polí a biologické nádrže a v Tabulka 4 je hodnocení obsahu rizikových polutantů a živin v sedimentech z biologické nádrže, které má velmi kladné hodnocení [23, 24].

Při bližším zkoumání se ukazuje, že není velký rozdíl v odbourávání organického znečištění v letním a zimním období, takže v nevegetačním období není výrazně nižší čistící účinek s výjimkou amoniakálního dusíku. I v tomto ohledu si vede Hostětín velmi dobře. Průměrná účinnost odbourávání u dusíku je 72 %, 50 % u celkového fosforu. Nejúčinnější odstraňování fosforu je v počátcích fungování kořenové čistírny a později se tato schopnost snižuje. Zásadní vliv na čištění mají hydrologické podmínky, provozní stav, údržba čistírny a až v druhé řadě přítomnost vegetace [23, 24].

Tabulka 2 Technické údaje KČOV Hostětín (projektovaná kapacita) [23]

Parametry	Hodnoty
Průměrný denní průtok	0,59 l/s
Látkové zatížení – BSK ₅	15,12 kg/den (212mg/l)
Počet EO	280
Plocha filtračních polí	1240 m ² (4,4 m ² na 1 obyvatele)

Kořenová čistírna má dobré ekonomické výsledky, i když investiční náklady jsou srovnatelné s náklady na stavbu klasických mechanicko-biologických čistíren. Její nízké provozní náklady jsou nespornou výhodou oproti běžným technologiím čištění vody. Spotřeba elektřiny je naprosto zanedbatelná a většina procesů se děje samočinně. Provozování KČOV je nenáročné. Kontrola chodu čistírny trvá přibližně 30 minut a je prováděna jednou za dva dny. Kontroluje se nastavení výšky hladiny a pohledová kontrola šachet a jejich průchodnosti, shrabování nečistot z česle. Jedenkrát až dvakrát za rok se odveze kal a pokosí porost [23, 24].

Zhruba po 20 letech se musí vlivem zanášení vyměnit část filtračního pole a nahradit se musí novým nebo vyčištěným filtračním materiálem. V Hostětíně se v brzké době odeberou vzorky filtračního pole, jelikož se již začíná projevovat kolmace. Podle tohoto vyhodnocení se musí rozhodnout obec, jak velká část pole se vytěží a nahradí. Přilehlý rybníček začíná být vizuálně plný řas a kalů a před obcí je taky rozhodnutí zdali revitalizovat tuto přilehlou biologickou nádrž [24].

Tabulka 3 hodnoty sledovaných ukazatelů kvality vody v Hostětíně (hodnoty v mg/l, období 2003-2010) [34]

Profil	Přítok do ČOV	Odtok z KP	Odtok z BN (z ČOV)
Ukazatel	BSK ₅		
Minimum	1	1,90	0,20
Průměr	64,9	16,69	13,21
Maximum	195	68,00	28
Ukazatel	CHSK - Cr		
Minimum	17	8	12
Průměr	142,8	42,27	44,54
Maximum	588	78	109
Ukazatel	NL		
Minimum	8	1	8
Průměr	41,9	9,82	27,27
Maximum	123	16	64
Ukazatel	N-NH ₄ ⁺		
Minimum	2,79	1,27	0,09
Průměr	23,25	18,56	9,15
Maximum	44,00	36,64	25,21
Ukazatel	P _C		
Minimum	0,57	0,23	0,23
Průměr	2,84	3,08	1,74
Maximum	5,81	5,16	3,94

Tabulka 4 Obsah rizikových polutantů a živin v sedimentech (mg/kg sušiny) [34]

Ukazatel	Hostětín, sediment z BN	Přípustné limity (v. č. 382/2001 Sb.)
As	0,9	30
Cd	0,06	5
Cr	4,4	200
Cu	6,1	500
Hg	0,01	4
Ni	4,7	100
Pb	1,1	200
Zn	46	2500
N	3,1	-
P	1,6-2,2	-

6 ZÁVĚR

Voda přestává být nevyčerpatelným přírodním zdrojem, a proto bychom měli pro její očištění udělat maximum. Jedním z šetrných způsobů čištění jsou kořenové čistírny odpadních vod. Tyto kořenové čistírny mají dlouholetou tradici u nás i ve světě. Přes prvotní neúspěchy je tento druh čištění velmi oblíbený. V počátcích byly mokřady jako cenné biotopy zaváženy. Postupem času jej lidé začali používat pro čištění vody. Je používán zvláště pro využití v menším měřítku. Tento typ je rozšířen hlavně v Německu. Česká republika se zapojila až v roce 1989 v Praze – Západ k odstraňování znečištění i ze septiků a žump. V současné době je stav v České republice velmi uspokojivý, avšak přesné data nejsou známy. Velké množství čistíren se nachází na soukromých pozemcích, tam kde nelze zapojit objekt do hromadné kanalizační sítě.

Kořenové čistírny jsou propracovaná soustava přítoků, filtrů, nádrží a odtoků. Znečištěná voda do tohoto cyklu vstupuje již předčištěná od hrubých nečistot a vstupují do distribučních zón pro další předčištění suspendovaných částic. Po odsedimentování je odpadní voda vedena ke kořenovému systému rostlin za anaerobních podmínek. Tyto nečistoty využívají rostliny pro své vyživení a růst. Oddenky travin přivádějí do procesu kyslík, který bakterie využívají pro své množení a pro další transformaci odpadních nečistot. Tyto bakterie výrazně zlepšují jakost vody. Mechanismus KČOV je plně samostatný. Jeho účinnost je závislá na typu čistírny, podloží a zvoleným rostlinám.

Uspořádání dělíme podle typu proudění na horizontální povrchové, horizontální podpovrchové, kombinované povrchové a podpovrchové, které se dále dělí podle směru proudění. U každého druhu KČOV záleží na druhu rostlin, množství znečištění a klimatických podmínkách. Což se projeví na kvalitě vyčištěné vody. Rozloha těchto systémů je závislá na množství přiváděné vody a hustotu znečištění.

Faktory, které ovlivňují chod čistírny, výrazně mění kvalitu vody v nádržích, což ovlivňuje roční období, teplota a množství srážek. KČOV čistí znečištění s vysokým podílem balastních vod a zároveň je schopna absorbovat část dusíku, fosforu i těžkých kovů.

V poslední kapitole jsem se konkrétně věnovala kořenové čistírně v Hostětíně. Cílem mé bakalářské práce bylo seznámit se s historií a současností KČOV, rozdělit KČOV podle distribuce odpadní vody a popsat různé konstrukční typy. Přes počáteční nedůvěru v tuto technologii čištění, jsou nyní místní občané nadmíru spokojeni a díky KČOV se celá obec stala obcí s ekologickým smýšlením. Hostětín se stal vzorem i pro jiné obce v blízkém i vzdálenějším okolí. Svou odvahou prosazovat a uskutečňovat modelové projekty z oblasti ekologie a udržitelnosti rozvoje přilákali i pozornost Evropské unie, od níž čerpají finanční dotace na své projekty.

Mezi velké výhody patří její finanční i časová nenáročnost, citlivé začlenění do krajiny, propojení přímé využitelnosti přirozených pochodů, efektivita čištění, mají příznivý vliv na koloběh vody a je esteticky přijatelnější než klasická čistírna.

Využitelnost mé práce poslouží k ucelenější představě o funkci, využitelnosti a skladbě kořenových čistíren. Rovněž spojuji obecné teoretické znalosti s popisem konkrétního praktického využití čistírny v Hostětín, kterou jsem navštívila. Tyto poznatky dávají dohromady ucelenou představu o chodu těchto mechanismů a prakticky využitelných metod.

Cíle bakalářské práce byly splněny v plné rozsahu a v diplomové práci bych mohla navázat na konkrétní návrh kořenové čistírny pro rodinný dům.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1 ŠÁLEK, Jan a Václav TLAPÁK. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2006, 283 s. ISBN 80-867-6974-7.
- 2 VYMAZAL, Jan. *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách*. Třeboň: ENVI, 1995, 147 s.
- 3 VYMAZAL, Jan. Současný stav ve využívání vegetačních kořenových čistíren ve světě a směry dalšího vývoje. In: *Sborník přednášek ze semináře Nové poznatky při řešení vegetačních kořenových čistíren*. Brno: VUT v Brně, 1998, s. 115. DOI: 8021412658.
- 4 HÚSKA, Dušan, Zuzana JUREKOVÁ a Luboš JURÍK. Aktuální stav návrhu a prevádzky vegetačních čistiřní odpadových vod na Slovensku. In: ŠÁLEK a Eva MALÁ. *Přírodní způsoby čištění odpadních vod III: sborník přednášek ze semináře konaného dne 9. října 2003*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Kabinet životního prostředí, 2003, s. 21. ISBN 8021424745. DOI: 8021424745.
- 5 VYMAZAL, Jan. Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách* [online]. 1998 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.ceskaenergetika.cz/index.php?page=page&art=1024>
- 6 SMELTOVÁ, Kateřina. *Kořenové čistírny odpadních vod*. Pardubice, 2010. Diplomová práce. Univerzita Pardubice.
- 7 Kořenové čistírny odpadních vod. *KČOV* [online]. 2013 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.kcov-rostliny.cz/KCOV.php#soucasnystav>
- 8 Obec Osová Bítýška a místní část Osová: čistírna odpadních vod. *Čistírna odpadních vod* [online]. 1993 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.osovabityska.cz/historie/cistirna-odpadnich-vod-cov/>
- 9 BURGEROVÁ, Kateřina. Možnosti využití vegetačních kořenových čistíren na čištění průsakových vod ze skládek komunálního odpadu. In: *Sborník přednášek ze semináře Nové poznatky při řešení vegetačních kořenových čistíren*. 1. vyd. Brno: VUT v Brně, 1998, s. 4. ISBN 8021412658.
- 10 ŠÁLEK, Jan. *Přírodní způsoby čištění odpadních vod*. 1. vyd. Brno: PC-DIR, 1995, 115 s. ISBN 80-214-0712-3

- 11 VYMAZAL, Jan. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. *Ecological Engineering*. 2005, č. 25, 478–490.
- 12 Vegetační čistírny. In: ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana. *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník* [online]. Praha: VŠCHT, 2007 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=V000
- 13 KADLEC, Robert H a Scott D WALLACE. *Treatment wetlands*. 2nd ed. Boca Raton: Taylor, c2009, 1016 s., [4] s. barev. obr. příl. ISBN 978-1-56670-526-4
- 14 VYMAZAL, Jan. *Wastewater treatment, plant dynamics and management in constructed and natural wetlands*. London: Springer, 2008. ISBN 978-140-2082-351.
- 15 VYMAZAL, Jan. The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: 10 years experience. *Ecological Engineering*. 2002, č. 18, 633–646.
- 16 HLAVÍNEK, Petr a Bronislav REMEŠ. Mechanické způsoby čištění odpadních vod. In: *Sborník přednášek ze semináře Nové poznatky při řešení vegetačních kořenových čistíren*. Brno: VUT v Brně, 1998, s. 35-38. ISBN 8021412658.
- 17 MLEJNSKÁ, Eva, Miloš ROZKOŠNÝ, Dana BAUDIŠOVÁ, Miroslav VÁŇA, Filip WANNER a Jiří KUČERA. *Extenzivní způsoby čištění odpadních vod*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2009. ISBN 978-80-85900-92-7.
- 18 ŠÁLEK, Jan, Eva MALÁ a Tomáš HANZL. Stanovení fyzikálních vlastností filtračních materiálů vegetačních kořenových čistíren. In: *Sborník přednášek ze semináře Nové poznatky při řešení vegetačních kořenových čistíren*. Brno: VUT v Brně, 1998, s. 100-101. ISBN 8021412658.
- 19 EKOLOGICKÝ INSTITUT VERONICA. *Archiv: Foto*. 2000.
- 20 VYMAZAL, Jan. Kořenové čistírny odpadních vod. *Kořenové čistírny odpadních vod* [online]. 2004, s. 5 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.lipnoweb.cz/voda/2010/cistirny-odpadnich-vod.pdf>
- 21 HRÍBAL, Vladimír. *Vodní rostliny a voda v zahradě*. Praha: Rena, 1996. ISSN 8085904160
- 22 Ekoporadenský portál ministřestva životního prostředí: Jaké rostliny se používají při osazování kořenových polí kořenových čistíren odpadních vod. *Ekoporadenský portál ministřestva životního prostředí* [online]. 2008 [cit. 2013-

- 04-26]. Dostupné z: <http://www.ekoporadny.cz/faq/jake-rostliny-se-pouzivaji-pri-osazovani-korenovych-poli-korenovych-cistiren-odpadnich-vod.htm>
- 23 ZO ČSOP VERONICA. *Přírodní čištění vody*. 2. vyd. Brno: EXPRINT-KOCIÁN, 2010. Dostupné z: <http://hostetin.veronica.cz/sites/default/files/prirodnicistenivody.pdf>
- 24 UHLÍŘOVÁ, Jitka a Hana MACHŮ. *Co přinesly projekty v Hostětíně?: Analýza modelových projektů udržitelného rozvoje*. 2. vyd. Brno: ZO ČSOP Veronica, 2011. ISBN 9788087308097
- 25 MALÁ, Eva a Jan ŠÁLEK. Příčiny kolmace filtračního prostředí vegetačních kořenových čistíren a metody prevence. In: ŠÁLEK, Jan a Eva MALÁ. *Přírodní způsoby čištění odpadních vod III: sborník přednášek ze semináře konaného dne 9. října 2003*. Brno: VUT, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Kabinet životního prostředí, 2003, s. 103-108. ISBN 8021424745
- 26 VYMAZAL, Jan a Lenka KROPFELOVÁ. *Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow*. New York: Springer, 2008. ISBN 978-140-2085-796.
- 27 Rajče.net. Obec Košíky: Kosení KČOV [online]. 2013 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: http://obec-kosiky.rajce.idnes.cz/Koseni_KCOV#koseni_KCOV_004.jpg
- 28 ŠÁLEK, Jan et al. *Vodní stavitelství*. Brno: CERM, 2001. ISBN 80-214-2068-5.
- 29 Slovácko: Hostětín. *Východní morava* [online]. 2012 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.vychodni-morava.cz/lokalita/57/hostetin>
- 30 Hostětín. *Hostětín* [online]. 2009 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.hostetin.cz>
- 31 PROCHÁZKOVÁ, Martina. Princ Charles navštíví „biovísku“ v Bílých Karpátech, přivítá jej 240 lidí. *Idnes.cz: zprávy*. 2010. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/princ-charles-navstivi-biovisku-v-bilych-karpatech-privita-jej-240-lidi-1e1-/domaci.aspx?c=A100304_170424_domaci_taj
- 32 Český statistický úřad. *Počet obyvatel v obcích k 1. 1. 2012* [online]. 2012 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: http://www.czso.cz/csu/2012ediciplan.nsf/publ/1301-12-r_2012
- 33 Obec Pitín. *Odkanalizování obce Pitín* [online]. 2013 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.pitin.cz/realizovane-projekty-a-akce/dotace---odkanalizovani-obce-pitin>

- 34 *VTEI: Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* [online]. Praha: Vodní hospodářství, 2013 [cit. 2013-04-26]. ISSN 03228916. Dostupné z:
http://www.vuv.cz/fileadmin/user_upload/pdf/vtei/2013/vtei_1-2013.pdf

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 KČOV v Osovové Bítýšce	4
Obrázek 2 Typické uspořádání kořenové čistírny	5
Obrázek 3 KČOV s povrchovým prouděním	7
Obrázek 4 KČOV s prouděním dolů.....	9
Obrázek 5 Kořenové pole v Hostětíně, foto archiv EIV	12
Obrázek 6 Ukázka vegetace v Hostětínské KČOV, fotoarchiv EIV	15
Obrázek 7 Kořenové pole v Hostětíně při jarní oblevě (Šimová, 2013).....	18
Obrázek 8 kosení a sklizení biomasy na KČOV v Košíkách	20
Obrázek 9 Mapa lokality.....	21
Obrázek 10 Letecký snímek na Hostětín a v popředí KČOV	22
Obrázek 11 Uspořádání KČOV v Hostětíně.....	24

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Rozdělení kořenových polí čistíren	6
Tabulka 2 Technické údaje KČOV Hostětín (projektovaná kapacita)	26
Tabulka 3 hodnoty sledovaných ukazatelů kvality vody v Hostětíně (hodnoty v mg/l, období 2003-2010).....	27
Tabulka 4 Obsah rizikových polutantů a živin v sedimentech (mg/kg sušiny)	28

